

Привезёнов И.А.

*Научный руководитель: ст. преподаватель С.М. Харчук
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: privezenov@list.ru*

Исследование синтезатора частот с регулированием по возмущению

Актуальность темы работы обусловлена широким применением в технике связи, приемных и передающих устройств методов формирования сигналов с использованием цифровых вычислительных синтезаторов частот (ЦВС)

ЦВС, реализующие метод прямого цифрового синтеза частот, имеют ряд существенных преимуществ перед аналоговыми и косвенными методами синтеза частот и сигналов. В частности это удобство цифрового интерфейса, высокое разрешение по частоте и фазе, быстрая перестройка по частоте без разрыва фазы. Однако недостатком синтезаторов сигналов на основе ЦВС, например, по сравнению с синтезаторами косвенного синтеза частот на основе фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), является значительный уровень фазовых шумов синтезируемого колебания. К факторам, вызывающим рост фазовых флуктуаций, относятся: шумы квантования, дискретизации, вызванные конечной разрядностью цифровых блоков синтезатора и погрешности преобразования цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) ЦВС; переходные процессы ЦАП, вызывающие выбросы выходного сигнала при смене управляющего кода.

Исследования показали, что эффективным способом подавления фазовых помех ЦВС является автоматическая компенсация данных помех [1-3]. Способ основан на выделении закона паразитного отклонения фазы выходного сигнала ЦАП ЦВС и последующем противофазном отклонении фазы обрабатываемого сигнала в управляемом фазовращателе (УФ). При этом управляющий сигнал формируется на основе фазового детектирования с последующей фильтрацией и усилением в усилителе постоянного тока.

Введение дополнительного тракта подавления собственных фазовых помех умножителя частоты на основе системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) на выходе синтезатора частот, позволяет получить компенсацию фазовых искажений умножителя частоты синтезатора и повысить качество выходного сигнала системы в целом.

Метод автоматической компенсации фазовых искажений с регулированием по возмущению основан на выделении закона паразитного отклонения фазы выходного сигнала ЦАП ЦВС непосредственно перед УФ и позволяет повысить быстродействие процесса компенсации искажений. Метод обеспечивает компенсацию помех с частотой, близкой к основной частоте сигнала.

Предлагается использовать для построения тракта автокомпенсации принцип комбинированного регулирования и формирования опорного сигнала тракта автокомпенсации с использованием делителя частоты системы ФАПЧ1 первого умножителя частоты (УЧ1) для улучшения компенсационных свойств устройства.

На рис. 1 представлена структурная схема синтезатора частот с регулированием по возмущению. На схеме обозначены блоки: ОГ – опорный генератор, Сп – код выходного сигнала ЦВС, УФ – управляемый фазовращатель, УТ РВ-управляющий тракт автокомпенсатора фазовых искажений, С-сумматор, УТУ-управляющий тракт устройства автокомпенсации собственных фазовых искажений ФАПЧ2, УЧ2 – второй умножитель частоты на основе ФАПЧ2.

Для условия малых дисперсий фазовых флуктуаций осуществлена линейная аппроксимация [2] характеристик блоков устройства: фазового детектора автокомпенсатора, фазовращателя УФ, а также генератора управляемого напряжением 1 (ГУН1) УЧ1, и фазового детектора ФАПЧ1 умножителя частоты УЧ1, генератора управляемого напряжением 2 и фазового детектора ФАПЧ2 умножителя частоты УЧ2. На основе линеаризованной модели синтезатора в работе были получены выражения всех передаточных функций устройства.

В том числе получены:

передаточная функция «Дестабилизирующий фактор ЦАП - фаза выходного сигнала»;
 передаточная функция «Дестабилизирующий фактор УФ - фаза выходного сигнала»;
 передаточная функция «Дестабилизирующий фактор ГУН2 - фаза выходного сигнала»
 передаточная функция «Дестабилизирующий фактор ГУН1 - фаза выходного сигнала» и др.

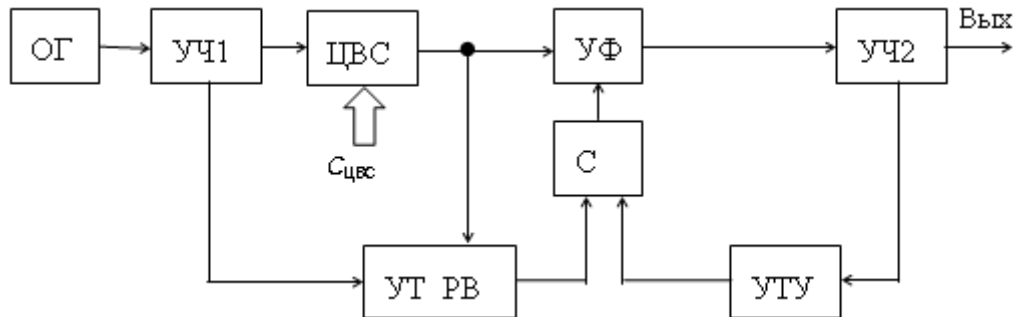


Рис. 1. Структурная схема синтезатора частот с регулированием по возмущению

Анализ передаточных функций синтезатора частот с регулированием по возмущению показывает эффективность предложенной схемы синтезатора. В частности применение регулирования по возмущению в тракте автокомпенсации позволяет осуществлять полное подавление фазовых искажений устройства и медленных фазовых отклонений ЦВС при единичном значении коэффициента регулирования по возмущению. К недостаткам схемы следует отнести отсутствие контроля собственных паразитных отклонений фазы УФ.

Литература

1. Surzhik D.I., Kurilov I.A., Kuzichkin O.R., Vasilyev G.S., Kharchuk S.M. Modeling the noise properties of hybrid frequency synthesizers with automatic compensation of phase noise of DDS. // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 - Proceedings 2015. С. 7147015.
2. Васильев Г.С., Курилов И.А., Харчук С.М. Моделирование нелинейного автокомпенсатора фазовых помех ЦАП прямого цифрового синтезатора частот. // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №2, 2014. – С. 30-38.
3. Курилов И.А., Ромашов В.В., Жиганова Е.А., Романов Д.Н., Васильев Г.С., Харчук С.М., Суржик Д.И. Методы анализа радиоустройств на основе функциональной аппроксимации. – Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2014. № 1 (13). С. 35-49.